

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Tsuyoshi FUJIHARA, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **February 2, 2004**

For: **ELECTRONIC DEVICE**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Date: February 2, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2003-26334, filed February 3, 2003


In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, KRATZ, QUINTOS,
HANSON & BROOKS, LLP


Donald W. Hanson
Attorney for Applicants
Reg. No. 27,133

DWH/jaz
Atty. Docket No. **040039**
Suite 1000
1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
(202) 659-2930



23850

PATENT TRADEMARK OFFICE

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 3 日
Date of Application:

出 願 番 号 (特願 2 0 0 3 - 0 2 6 3 3 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 2 6 3 3 4]

出 願 人 富士通株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 5 7 9 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 0240762

【提出日】 平成15年 2月 3日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 B82B 1/00
H01L 23/00

【発明の名称】 電子デバイス

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 藤原 健志

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 臼杵 達哉

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 藤田 省三

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市山科区勸修寺柴山 1 - 2 1

【氏名】 齋藤 烈

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100086276

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 維夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9905449

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 既知であるかもしくは予測できる立体構造を有し、かつ修飾官能基が三次元的に配置された高分子からなる機能素子を含み、

前記高分子が、生体高分子、人工高分子又はその組み合わせであり、かつ

前記修飾官能基が、正孔輸送性官能基、電子輸送性官能基もしくはその組み合わせであることを特徴とする電子デバイス。

【請求項 2】 前記機能素子が、電導性ワイヤーであることを特徴とする請求項 1 に記載の電子デバイス。

【請求項 3】 前記機能素子が、生体高分子及び（又は）人工高分子に正孔輸送性官能基及び（又は）電子輸送性官能基を周期的に導入することによって形成された電導性ワイヤーであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電子デバイス。

【請求項 4】 前記電導性ワイヤーが配線として組み込まれていることを特徴とする請求項 3 に記載の電子デバイス。

【請求項 5】 前記電導性ワイヤーが抵抗として組み込まれており、かつその抵抗値は、前記修飾官能基の密度を変化させることによって調整されたものであることを特徴とする請求項 3 に記載の電子デバイス。

【請求項 6】 前記電導性ワイヤーがダイオードとして組み込まれており、複数本の前記電導性ワイヤーを直列に繋いだブロックポリマーの形をしていることを特徴とする請求項 3 に記載の電子デバイス。

【請求項 7】 前記電導性ワイヤーがコンデンサーとして組み込まれており、その電導性ワイヤーの一部のセグメントにおいて絶縁配列を導入し、かつこの絶縁配列の近傍において帯電し易い状態にしたブロックポリマーの形をしていることを特徴とする請求項 3 に記載の電子デバイス。

【請求項 8】 前記電導性ワイヤーがバイポーラトランジスターとして組み込まれており、3本の特性を異にする前記電導性ワイヤーを交互に直列に繋げて形成したPNP又はNPN接合及び中心のセグメントから分岐した前記生体高分

子及び(又は)人工高分子を有するブロックポリマーの形をしていることを特徴とする請求項3に記載の電子デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子デバイスに関し、さらに詳しく述べると、ナノメートル・スケールの電子デバイス、いわゆるナノ構造の電子デバイス(ナノデバイスとも呼ばれている)に関する。本発明は、特に、DNA(デオキシリボ核酸)等の高分子の立体構造を利用して機能素子を作り込んだナノ構造の電子デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、電導性有機分子を用いて分子エレクトロニクスを作るという試みがなされている(非特許文献1)。しかし、電導性有機分子は、その分子の大きさに比例し、また、分子運動により、分子の配向性及び重なりが不十分になり、電流の増幅量が小さくなること及びスイッチング速度が遅くなることなどの問題があった。これらの問題は、分子の大きさが比較的にかさい小分子を用いることにより解決できるが、その小分子により作られる構造に問題がある。すなわち、小分子の場合、得られる分子エレクトロニクスの構造に制限があり、また、小分子を固定する電極の製造にも高度なテクニックが必要であり、それ以上の発展性は乏しいのが実情である。

【0003】

上記のような小分子に代えて、問題を引き起こさないような電導性高分子を使用することも考えられる。ここで使用する電導性高分子は、分子エレクトロニクスの設計やその他の面から、その構造がすでに明らかであるかもしくは推測できるものが好ましい。高分子で立体構造が明らかなものとしては、例えば、蛋白質などの構造が決まった生体高分子が挙げられ、この中でも特にDNAは、相補的二重螺旋構造及び電気伝導性など興味深い点が多くで盛んに研究が行われている(非特許文献2)。しかし、DNA等の生体高分子は一般的にその電気抵抗が大きいので、そのまま分子エレクトロニクスに組み込んで使用した場合、通電によ

り酸化的損傷を受ける傾向にあり、とても実用に耐えるものではない。

【0004】

【非特許文献1】

J. Am. Chem. Soc., Vol. 124, No. 16, P 4200~4201 (2002)

【非特許文献2】

Nature biotechnology, Vol. 18, P1096~1100 (2000)

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記のような従来の技術の問題点を解決することを目的とする。

【0006】

本発明の目的は、したがって、分子エレクトロニクスの範疇に属するものであり、ナノメートル・スケールであり、構造が単純であり、作製が容易であり、電気抵抗が小さく、そして特性が安定な電子デバイスを提供することにある。

【0007】

また、本発明の目的は、設計の自由度が高く、かつ任意のデバイスを設計通りに作製することができる電子デバイスを提供することにある。

【0008】

さらに、本発明の目的は、DNA等の生体高分子を機能素子の形成に利用できる電子デバイスを提供することにある。

【0009】

本発明の上記したような目的やその他の目的は、以下の詳細な説明から容易に理解することができるであろう。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、このたび、機能素子の形成に、既知であるかもしくは予測できる立体構造（三次元構造）を有する高分子を使用するとともに、その鋳型としての立体構造中に適当な修飾官能基を三次元的に配置することによって、従来の技

術の問題点を解決したナノ構造の電子デバイスを提供できることを発見し、本発明を完成した。ここで、高分子は、好ましくは、生体高分子や人工高分子、あるいはその組み合わせなどである。

【0 0 1 1】

本発明の電子デバイスでは、機能素子に使用する高分子自体が情報をもつために、任意のデバイスを設計通りに接続することができ、究極的には、ナノ構造の自己組織的な集積回路を作ることが可能である。

【0 0 1 2】

また、高分子を特に正孔輸送性もしくは電子輸送性の官能基で修飾することによって、電気抵抗を小さくし、その官能基間を通電させることにより、安定性の向上を図ることができる。

【0 0 1 3】

【発明の実施の形態】

本発明の電子デバイスは、ナノ構造を有している。すなわち、その大きさは、DNA等の高分子のサイズに由来して、通常、数ナノメートル（nm）のオーダーである。電子デバイスの大きさは、使用する高分子の種類やサイズに応じて変化し得るというものの、通常、約300nm以下であり、好ましくは、約100～3nmの範囲である。電子デバイスは、一般的には、小型であればあるほど有利である。

【0 0 1 4】

また、本発明の電子デバイスは、一般的には従来の半導体デバイスに取って代わり得るものとして説明することができる。電子デバイスは、一般的に、基板とそれの上に任意のパターンで作り込まれた機能素子とからなることができる。基板は、例えばシリコン基板等の半導体基板でもよく、その他の材料の基板でもよい。機能素子は、いろいろな形態をとることができるけれども、好ましくは、電導性ワイヤーである。適当な機能素子の例は、以下に列挙するものに限定されるわけではないけれども、配線、抵抗、ダイオード、例えばフォトダイオード、発光ダイオード等、コンデンサー、トランジスター、例えばバイポーラトランジスター、電界効果トランジスター（FET）等を包含する。これらの機能素子は、

基板の上部及び（又は）内部に単独で作り込まれていてもよく、さもなければ、2種類以上の機能素子が組み合わさって作り込まれていてもよい。

【0015】

上記のような機能素子は、本発明によると、既知であるかもしくは推測できる立体構造を有し、かつ修飾官能基が三次元的に配置された高分子から容易に形成することができる。

【0016】

機能素子の形成に用いられる高分子は、それが立体構造（3次元構造）を有していて、その立体構造が既知であるかもしくは任意の手段で推測でき、かつその立体構造の所定の位置に修飾官能基を三次元的に配置できる限り、特に限定されるものではない。適当な高分子は、生体高分子又は人工高分子である。これらの高分子は、単独で使用してもよく、2種類以上を組み合わせて使用してもよい。

【0017】

本発明の実施に有用な生体高分子は、以下に列挙するものに限定されないけれども、DNA、RNA（リボ核酸）、DNA-RNAハイブリッド、蛋白質、糖、それらの錯体などである。これらの生体高分子は、必要ならば、例えばDNA-RNAハイブリッドのように、複合体の形で使用してもよい。

【0018】

本発明の実施では、特にDNAを機能素子の形成に有利に利用することができる。DNAは、抵抗が大きく電流を流すことができないという大きな欠点があるけれども、本発明では、官能基を導入することによって、特に正孔を輸送できるかしくは電子を輸送できる特定の官能基を導入することによって、これらの欠点を克服できる。また、DNAは、その優れた配列選択性のため、非常に小さい部位でもpn接合を形成できるので、デバイスの小型化に大きく貢献でき、また、配線が自動的に組み立てられていくという自己組織化機能も備えているので、電子デバイスを所望とする設計パターンの応じて容易にかつ任意に作製することができる。特にDNAは、三次元構造をもった電子デバイスを自由に設計可能であるという点で注目に値する。

【0019】

また、本発明の実施に有用な人工高分子は、配列選択的に2本鎖を形成することが可能な人工高分子である。かかる人工高分子の適当な例は、以下に列挙するものに限定されないけれども、ペプチドDNA、グアニジンDNAなどである。これらの人工高分子も、必要ならば、複合体の形で使用してもよい。

【0020】

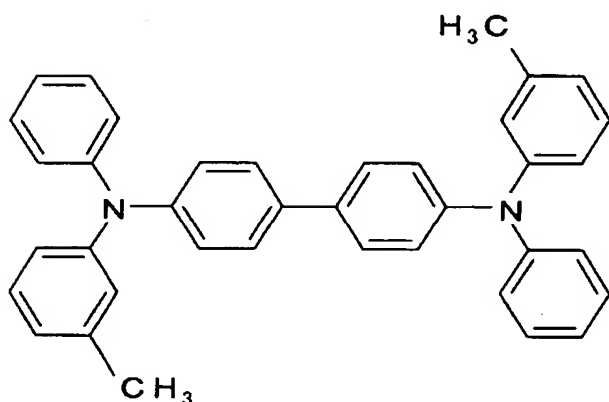
本発明の電子デバイスでは、そのデバイスにナノ構造を付与するため、DNA等の高分子の構造を鋳型として用い、修飾官能基を三次元的に導入し、配置することが必要である。官能基としては、正孔を輸送しやすい官能基（正孔輸送性官能基）や電子を輸送しやすい官能基（電子輸送性官能基）を使用するのが有利である。例えば、これらの官能基の導入によって、電気抵抗を小さくし、かつそれらの官能基間を通電させることにより、安定性の向上を図ることができるからである。正孔輸送性官能基及び電子輸送性官能基は、それぞれ、単独で使用してもよく、2種類以上の官能基を任意に組み合わせて使用してもよい。

【0021】

本発明の実施に有用な正孔輸送性官能基は、以下に列挙するものに限定されるわけではないけれども、例えば、TPACや、次式により表されるTPD：

【0022】

【化1】

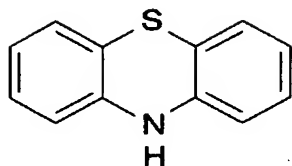


【0023】

次式により表されるフェノチアジン：

【0024】

【化2】

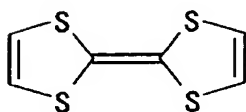


【0025】

などを包含する。その他の有用な正孔輸送性官能基は、例えば、次式により表される TTF（テトラチアフルバレン）：

【0026】

【化3】



【0027】

や、フラーレン（例えば、フラーレン C₆₀）などである。

【0028】

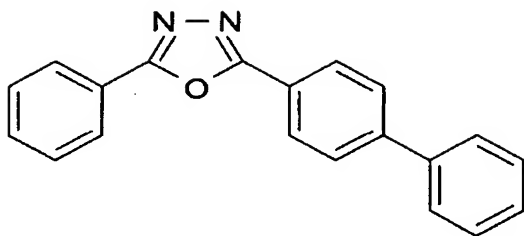
これらの正孔輸送性官能基は、DNA等の高分子にいろいろな濃度及び分布で導入することができる。所望とするデバイスの構造や機能、特性などに応じて、最適な正孔輸送性官能基を選択し、配置することができる。

【0029】

また、本発明の実施に有用な電子輸送性官能基は、以下に列挙するものに限定されるわけではないけれども、例えば、BNDや、次式により表される PBD：

【0030】

【化4】

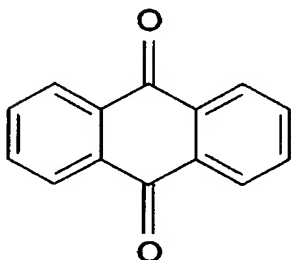


【0031】

次式により表されるアントラキノン:

【0032】

【化5】

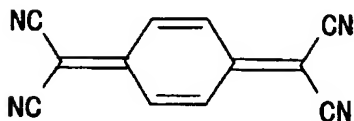


【0033】

などを包含する。その他の有用な電子輸送性官能基は、例えば、次式により表されるTCNQ（テトラシアノキノジメタン）:

【0034】

【化6】

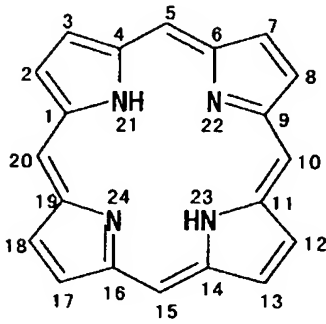


【0035】

ポルフィリン、例えば次式により表される 21H, 23H-ポルフィリン:

【0036】

【化7】



【0037】

、金属錯体などである。

【0038】

これらの電子輸送性官能基は、前記した正孔輸送性官能基と同様に、DNA等の高分子にいろいろな濃度及び分布で導入することができる。所望とするデバイスの構造や機能、特性などに応じて、最適な電子輸送性官能基を選択し、配置することができる。また、別の効果を得るため、この電子輸送性官能基を正孔輸送性官能基と組み合わせて使用することもできる。

【0039】

本発明の電子デバイスにおいて、それに組み込まれる機能素子は、それが特定の構造をもった高分子からなることに由来して、好ましくは、電導性ワイヤーである。

【0040】

電導性ワイヤーは、いろいろな方法で作製することができるけれども、好ましくは、選ばれた生体高分子、人工高分子又はその混合物、例えばDNAに、正孔輸送性官能基、例えばTPAC、TPD等、及び（又は）電子輸送性官能基、例えばBND、PBD等、を周期的（例えば、3残基ごと）に導入することによっ

て作製することができる。官能基の導入は、常用の技法で実施することができる。

【0041】

上記のようにして得られる電導性ワイヤーは、そのまま配線として利用することができる。また、上記のようにして電導性ワイヤーを作製する際、修飾官能基の導入密度を変化させると、その変化に応じて抵抗値が変化するので、得られた電導性ワイヤーを抵抗として利用することができる。

【0042】

また、電導性ワイヤーを、単独で使わないで、2本以上を組み合わせて使用することもできる。例えば、複数本の特性の異なる電導性ワイヤーを直列に繋いでブロックポリマーの形とした場合、得られた電導性ワイヤーをダイオードとして利用することができる。

【0043】

さらに、作製のプロセスを変更することで、異なるタイプのダイオードを容易に作製することができる。

【0044】

1つの好ましい形態によると、ダイオードの接合部分に、光応答により電子の放出もしくは電子の取り込みを制御できる官能基（例えば、ZnPBOなど）を導入してブロックポリマーを作製した場合、このダイオードをフォトダイオードとして利用することができる。

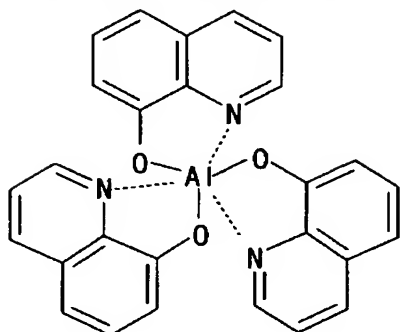
【0045】

また、もう1つの好ましい形態によると、ダイオードの接合部分に、起電力により発光を生じることができる官能基（例えば、以下に示すトリス（8-キノリノラト）アルミニウム錯体やビス（ベンゾキノリノラト）ベリリウム錯体など）を導入してブロックポリマーを作製した場合、このダイオードを発光ダイオードとして利用することができる。

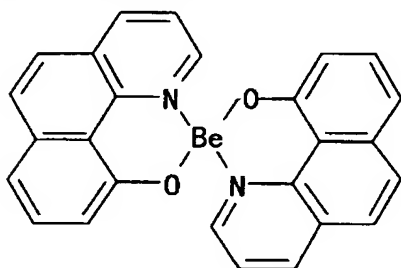
【0046】

【化 8】

トリス（8-キノリノラト）アルミニウム錯体：



ビス（ベンゾキノリノラト）ベリリウム錯体：



【0047】

電導性ワイヤーをコンデンサーとしても利用することができる。例えば、作製した電導性ワイヤーにおいて、その一部のセグメントを電導性官能基修飾のない DNA 2 本鎖、1 本鎖又はミスマッチ配列に変化させて絶縁を行う。このとき、その構造を補強するために、得られた絶縁配列に特異的に結合可能な蛋白質を加えてもよい。次いで、絶縁配列の近傍において、帯電し易い状態に変化したブロックポリマーを形成する。この処理は、例えば、絶縁配列の近傍にある 1 種類もしくはそれ以上の修飾官能基（例えば、極性の異なる官能基）において密度を変化させることで、容易に行うことができる。このような一連の処理を経て作製した電導性ワイヤーを、コンデンサーとして利用することができる。

【0048】

電導性ワイヤーを、トランジスター、例えばバイポーラトランジスター、電界効果トランジスター（FET）などとして利用することもできる。例えば、バイ

ポーラトランジスターは、電導性ワイヤーを作製した後、3本の特性の異なる電導性ワイヤーを交互に直列に繋げてPNP又はNPN接合を形成する。次いで、PNP又はNPN接合の中心のセグメントから生体高分子及び（又は）人工高分子、例えばDNAを分岐させる。このようにして得られる、電導性ワイヤーが繋がったブロックポリマーを、バイポーラトランジスターとして利用することができる。

【0049】

FETも、同様にして作製することができる。FETは、例えば、外部から電界を加えることにより出力電氣量を制御できるように電導性ワイヤーを構成すればよい。

【0050】

【実施例】

引き続き、本発明をその実施例を参照して説明する。なお、本発明は、これらの実施例によって限定されるものでないことは言うまでもない。

実施例 1

本例では、図1に模式的に示すようなバイポーラトランジスターを製造した。図示のトランジスターでは、約15nm間隔の電極1、2及び3を用意した。電極1はソース、電極2はドレイン、電極3はゲートである。各々の電極番号1～3と同じ番号のDNA1～3を選択的に固定した。ここで固定したDNA1～3は、下記の3種類のDNA48量体である。

【0051】

【化9】

DNA1:

HS(CH₂)₆ CT¹ G-CAT-GAT-GT¹ A-GT¹ G-CT¹ G-GT¹ A-CAC-GT² C-TAC-AAC-GT² G-CAC-
TT² T-GT² T-CAC

DNA2:

HS(CH₂)₆ GT¹ G-AAC-AAA-GT¹ G-CAC-GT¹ T-GT¹ A-GAC-GAT-AT² C-CAG-TT² A-GAT-
CT² C-GAA-CT² A

DNA3:

HS(CH₂)₆ TAG-TT² C-GAG-AT² C-TAA-CT² G-GAT-AT² C-GTG-AT¹ C-CAG-CAC-TAC-
AT¹ C-AT¹ G-CAG

【0052】

このバイポーラトランジスターにおいて、T¹ 及びT² として本文中で説明した極性の異なる修飾核酸を導入したところ、トランジスターの効果が確認できた。

実施例 2

本例では、図2に模式的に示すようなフォトダイオードを製造した。図示のフォトダイオードでは、約8 nm間隔の電極1及び2を用意した。各々の電極番号1及び2と同じ番号の、次のようなDNA1及び2を選択的に固定した。

【0053】

【化10】

DNA1:

HS(CH₂)₆ CT¹ C-CAT-GAT-GT² A-GT² G-CT³ G-GT³ A-CAC

DNA2:

HS(CH₂)₆ GAG-TAC-CAG-CAC-TAC-AT¹ C-AT¹ G-CAG

【0054】

このフォトダイオードにおいて、T¹ 及びT³ に本文中で説明した極性の異なる修飾核酸を導入し、かつT² に、起電力により発光する官能基で修飾された核

酸を導入したところ、フォトダイオードの効果が確認できた。

実施例 3

本例では、立体構造をもった高分子を特定の官能基で修飾する場合の効果を確認した。なお、本例では、供試高分子として、生体高分子の典型例である DNA を使用した。

【0055】

下記の 5 種類の DNA を市販の DNA 合成機（アプライド社製）を使用して合成した。

DNA 32 量体：

5' -HS(CH₂)₆pGATCACTAGAAAGACTACGATGATTACGACTA-3' （以下、HS 32 と記す）

DNA 8 量体：

5' -T*AGT*CGT*A-3' （以下、5' -1 と記す）

DNA 12 量体：

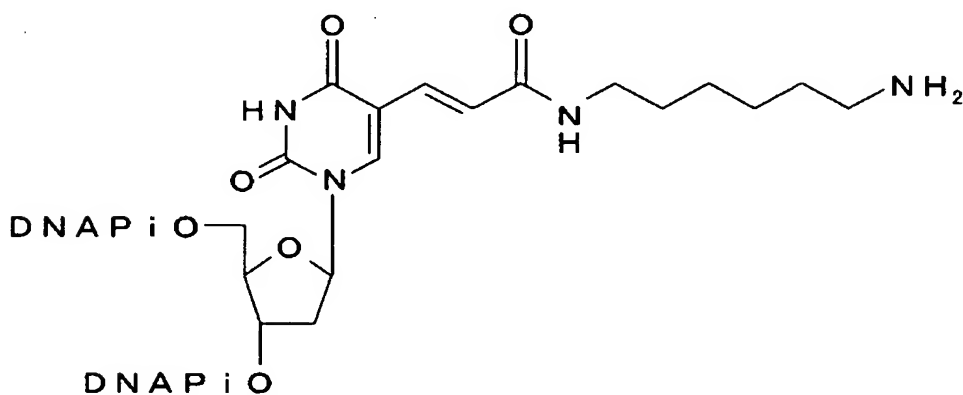
5' -AT*CAT*CGT*AGT*C-3' （以下、5' -2 と記す）

5' -TT*TCT*AGT*GAT*C-3' （以下、5' -3 と記す）

なお、これらの DNA において、式中の T* は、次式によって表される。

【0056】

【化 11】

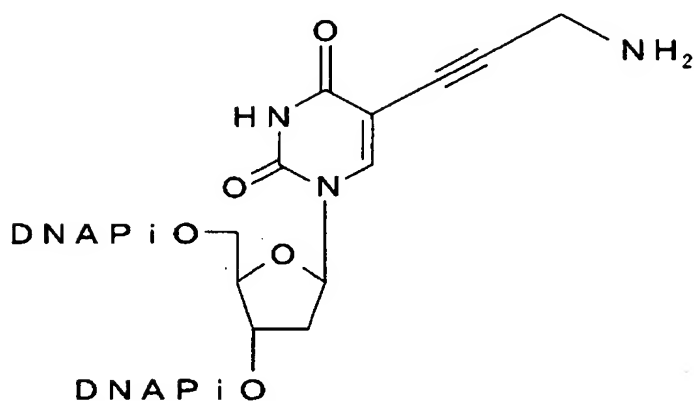


【0057】

また、本例では使用しないが、式中のT*は、次式によって表されるものであってもよい。

【0058】

【化12】



【0059】

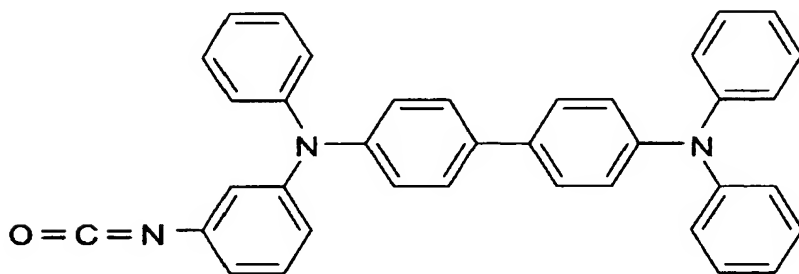
次いで、上記のDNA5'-1をフェロセンイソシアネートと水溶液中で反応させることにより、Fe-5'-1を合成し、精製した。

【0060】

また、上記のDNA5'-2を次式により表されるTPDイソシアネート：

【0061】

【化13】



【0062】

と水溶液中で反応させることにより、TPD-5'-2を合成し、精製した。

【0063】

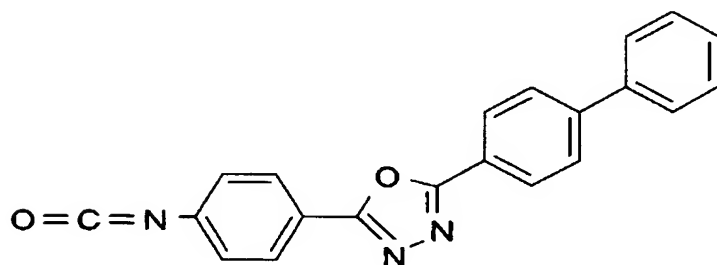
さらに、上記のDNA 5'-3をTPDイソシアネートと水溶液中で反応させることにより、TPD-5'-3を合成し、精製した。

【0064】

さらに、上記のDNA 5'-2を次式により表されるPBDイソシアネート：

【0065】

【化14】



【0066】

と水溶液中で反応させることにより、PBD-5'-2を合成し、精製した。

【0067】

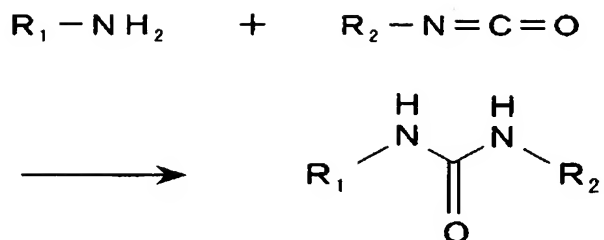
さらにまた、上記の5'-3をPBDイソシアネートと水溶液中で反応させることにより、PBD-5'-3を合成し、精製した。

【0068】

上記のようにして得られたDNA誘導体において、それぞれの構造の所定の位置に官能基の存在を認めることができた。なお、官能基の導入は、次のような反応式に基づく。

【0069】

【化15】



【0070】

〔評価試験〕

上記のDNA (HS32) 及びDNA誘導体 (Fe-5'-1、TPD-5'-2、TPD-5'-3、PBD-5'-2及びPBD-5'-3) を下記の第1表に記載のように異なる条件で組み合わせて、異なるブロックポリマーを調製した。表中の条件は、○=あり、×=なし、である。すなわち、例えば条件1を満足させるブロックポリマーは、… (HS32) (Fe-5'-1) (TPD-5'-2)・(PBD-5'-3) …なる構造を有している。

【0071】

【表1】

第1表

	条件1	条件2	条件3	条件4
HS32	○	○	○	○
Fe-5'-1	○	○	○	○
TPD-5'-2	○	×	×	○
PBD-5'-2	×	○	○	×
TPD-5'-3	×	○	×	○
PBD-5'-3	○	×	○	×

【0072】

次いで、合計して4種類のブロックポリマー (条件1～4) を、それぞれ、図

3 に一部を模式的に示すトランジスター 10 に配線（電導性ワイヤー）4 として組み込んだ。配線 4 は、表面に絶縁膜（シリコン酸化膜）2 を有するシリコン基板 1 の上に、すでに形成されている金電極（ソース）3-1 を繋ぐようにして形成した。参照番号 3-2 は、金電極（ドレイン）である。金電極の間隔は、約 10 nm であった。

【0073】

それぞれのトランジスターについて、その通電特性を測定したところ、図 4 にプロットしたような測定結果が得られた。図から理解できるように、本発明に従って電導性ワイヤーを作製した場合には、電気抵抗が小さく、特性に優れたトランジスターを得ることができるばかりでなく、電導性ワイヤーを構成するブロックポリマーの構成ユニットを変更することで、目的の特性を備えたトランジスターを、設計の困難を伴うことなく容易に得ることができる。

【0074】

以上、本発明の電子デバイスを特にその実施の形態及び実施例に関して詳細に説明した。ここで、本発明の好ましい態様を整理すると、次の通りである。

【0075】

（付記 1）既知であるかもしくは予測できる立体構造を有し、かつ修飾官能基が三次元的に配置された高分子からなる機能素子を含み、

前記高分子が、生体高分子、人工高分子又はその組み合わせであり、かつ

前記修飾官能基が、正孔輸送性官能基、電子輸送性官能基もしくはその組み合わせであることを特徴とする電子デバイス。

【0076】

（付記 2）前記生体高分子が、DNA、RNA、DNA-RNA ハイブリッド、蛋白質、糖もしくはその複合体であることを特徴とする付記 1 に記載の電子デバイス。

【0077】

（付記 3）前記人工高分子が、ペプチド DNA、グアニジン DNA もしくはその複合体であることを特徴とする付記 1 又は 2 に記載の電子デバイス。

【0078】

(付記 4) 前記正孔輸送性官能基が、TPAC、TPD、フェノチアジン、TIF 又はフラーレンであることを特徴とする付記 1～3 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0079】

(付記 5) 前記電子輸送性官能基が、BND、PBD、アントラキノン、TCNQ 又はポルフィリンであることを特徴とする付記 1～3 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0080】

(付記 6) 前記機能素子が、電導性ワイヤーであることを特徴とする付記 1～5 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0081】

(付記 7) 前記機能素子が、電導性ワイヤーからなる配線であることを特徴とする付記 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0082】

(付記 8) 前記機能素子が、電導性ワイヤーからなる抵抗であることを特徴とする付記 1～7 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0083】

(付記 9) 前記機能素子が、複数本の電導性ワイヤーからなるダイオードであることを特徴とする付記 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0084】

(付記 10) 前記機能素子が、複数本の電導性ワイヤーからなるコンデンサーであることを特徴とする付記 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0085】

(付記 11) 前記機能素子が、複数本の電導性ワイヤーからなるトランジスターであることを特徴とする付記 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子デバイス。

【0086】

(付記 12) 前記機能素子が、生体高分子及び（又は）人工高分子に正孔輸送性官能基及び（又は）電子輸送性官能基を周期的に導入することによって形成された電導性ワイヤーであることを特徴とする付記 1～5 のいずれか 1 項に記載の

電子デバイス。

【0087】

(付記13) 前記電導性ワイヤーが配線として組み込まれていることを特徴とする付記12に記載の電子デバイス。

【0088】

(付記14) 前記電導性ワイヤーが抵抗として組み込まれており、かつその抵抗値は、前記修飾官能基の密度を変化させることによって調整されたものであることを特徴とする付記12に記載の電子デバイス。

【0089】

(付記15) 前記電導性ワイヤーがダイオードとして組み込まれており、複数の前記電導性ワイヤーを直列に繋いだブロックポリマーの形をしていることを特徴とする付記12に記載の電子デバイス。

【0090】

(付記16) 前記ダイオードがフォトダイオードであり、かつ該フォトダイオードの接合部分に、光応答により電子の放出もしくは取り込みを制御できる官能基が導入されていることを特徴とする付記15に記載の電子デバイス。

【0091】

(付記17) 前記ダイオードが発光ダイオードであり、かつ該発光ダイオードの接合部分に、起電力により発光を生じることができる官能基が導入されていることを特徴とする付記15に記載の電子デバイス。

【0092】

(付記18) 前記電導性ワイヤーがコンデンサーとして組み込まれており、その電導性ワイヤーの一部のセグメントにおいて絶縁配列を導入し、かつこの絶縁配列の近傍において帯電し易い状態にしたブロックポリマーの形をしていることを特徴とする付記12に記載の電子デバイス。

【0093】

(付記19) 前記電導性ワイヤーがバイポーラトランジスターとして組み込まれており、3本の特性を異にする前記電導性ワイヤーを交互に直列に繋げて形成したPNP又はNPN接合及び中心のセグメントから分岐した前記生体高分子及

び（又は）人工高分子を有するブロックポリマーの形をしていることを特徴とする付記 1 2 に記載の電子デバイス。

【0 0 9 4】

（付記 2 0）前記トランジスターが電界効果トランジスターとして組み込まれており、外部から電界を加えることにより出力電氣量を制御できることを特徴とする付記 1 2 に記載の電子デバイス。

【0 0 9 5】

【発明の効果】

以上に詳細に説明したように、本発明によれば、ナノメートル・スケールであり、構造が単純であり、作製が容易であり、電気抵抗が小さく、そして特性が安定な電子デバイスを提供することができる。

【0 0 9 6】

また、本発明の電子デバイスは、設計の自由度が高く、任意のデバイスを設計通りに作製することができるという効果がある。

【0 0 9 7】

さらに、本発明の電子デバイスでは、従来の技術で問題が多かった DNA 等の生体高分子を機能素子の形成に有利に利用できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施例 1 で作製したバイポーラトランジスターの模式図である。

【図 2】

実施例 2 で作製したフォトダイオードの模式図である。

【図 3】

実施例 3 で作製したトランジスター（一部）を模式的に示した断面図である。

【図 4】

実施例 3 で金電極を修飾した結果をプロットしたグラフである。

【符号の説明】

- 1…シリコン基板
- 2…シリコン酸化膜

3 - 1 ... 金電極

3 - 2 ... 金電極

4 ... 配線 (電導性ワイヤー)

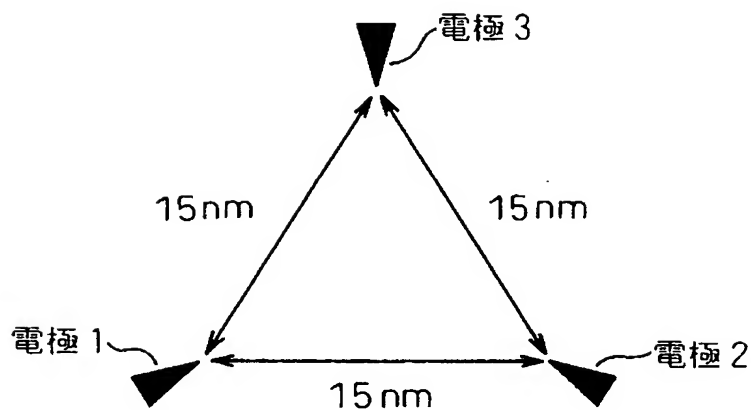
1 0 ... トランジスター

【書類名】

図面

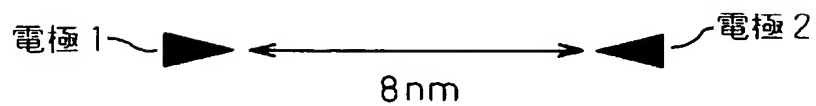
【図 1】

図 1



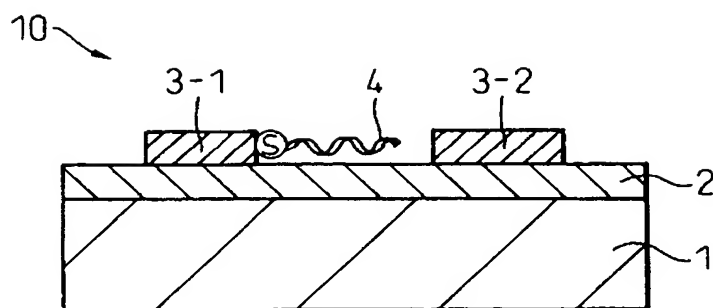
【図 2】

図 2



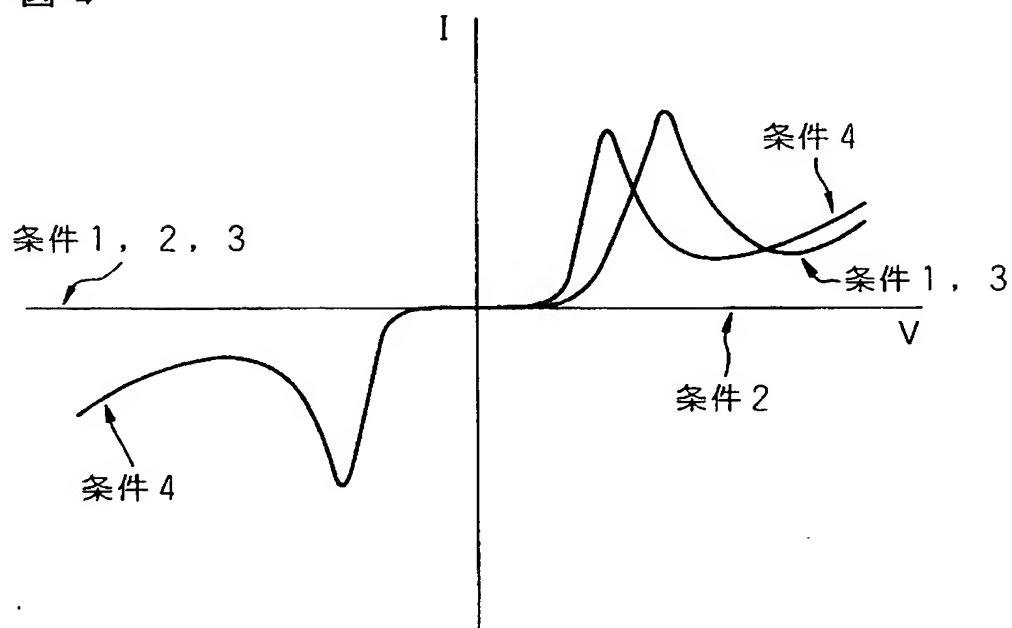
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電気抵抗が小さく、設計の自由度が高く、かつ任意のデバイスを設計通りに作製することができるナノ構造の電子デバイスを提供すること。

【解決手段】 既知であるかもしくは予測できる立体構造を有し、かつ修飾官能基が三次元的に配置された高分子からなる機能素子を含んでなるように構成する。

【選択図】 なし

特願 2 0 0 3 - 0 2 6 3 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社